

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-092283

(43)Date of publication of application : 06.04.1999

(51)Int.Cl.

C30B 29/06
C30B 33/02
H01L 21/304
H01L 21/322
// H01L 21/02

(21)Application number : 09-253920

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 18.09.1997

(72)Inventor : YAMAZAKI HIDEYUKI
MATSUSHITA HIROSHI

(54) SILICON WAFER AND ITS PRODUCTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce an oxygen concentration on the surface layer of a substrate and to increase fine oxygen precipitation defects having IG effects in a deep zone, by annealing a wafer cut out from a silicon single crystal ingot, ground and polished in a gas atmosphere having a specific heat capacity higher than hydrogen at a specific temperature.

SOLUTION: A process for annealing a silicon wafer has 800-1,500° C annealing temperature and uses a gas having a heat capacity higher than at least hydrogen, preferably ≥ 29 J/mol heat capacity at a room temperature as an atmosphere gas. Preferably an ammonia gas or a nitrogen gas is used as the gas for satisfying the conditions. This method for producing a silicone wafer is applied to a single crystal wafer produced by using a quartz crucible by a CZ method to show great effects. The silicon wafer produced by the method has $\leq 10^{17}$ atoms/cm³ oxygen concentration in a surface layer from about 2 μ m from the surface and functions as a getter of impurity having formed an oxygen precipitated substance and BMD in a deep layer.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

29.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-92283

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月6日

(51) Int.Cl.⁵
C 3 0 B 29/06
33/02
H 0 1 L 21/304 3 2 1
21/322
// H 0 1 L 21/02

F I
C 3 0 B 29/06 C
33/02
H 0 1 L 21/304 3 2 1 A
21/322 Y
21/02 B

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-253920

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月18日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 山崎 英之

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 松下 宏

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会社東芝川崎事業所内

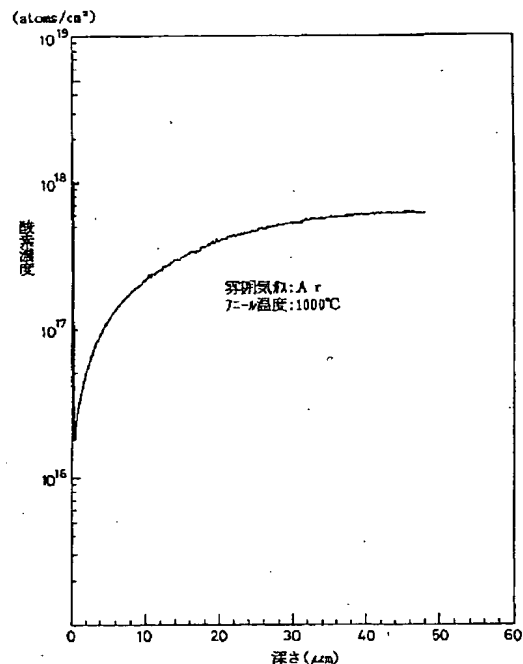
(74) 代理人 弁理士 三好 秀和 (外3名)

(54) 【発明の名称】 シリコンウエハ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 活性領域にあたるS i ウエハ表面の酸素濃度を減らすとともに、活性領域より深い層に、I G効果を有する酸素の微小酸素析出欠陥をより多く形成することである。

【解決手段】 単結晶インゴットより切り出したS i ウエハをアニール処理する工程を有するS i ウエハ製造方法において、上記アニール処理がアニール温度を800℃~1500℃とし、雰囲気ガスとして少なくとも水素より高い熱容量を有するガスを使用する。デバイスの活性領域が形成されるウエハの表面層の酸素濃度を低減し、活性領域より深い領域には酸素析出物を生成し、不純物のゲッターとなりうる酸素微小析出欠陥をより多く形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも単結晶インゴットを作製する工程と、前記単結晶インゴットよりウエハを切り出す工程と、前記ウエハを研削または研磨する工程と、前記ウエハをアニール処理する工程とを有するシリコンウエハ製造方法において、

前記ウエハをアニール処理する工程が、アニール温度を $800^{\circ}\text{C}\sim 1500^{\circ}\text{C}$ とし、雰囲気ガスとして少なくとも水素より高い熱容量を有するガスを使用することを特徴とするシリコンウエハの製造方法。

【請求項2】 前記雰囲気ガスとして、少なくとも室温における熱容量が 29 J/mol K 以上のガスを用いることを特徴とする請求項1に記載のシリコンウエハの製造方法。

【請求項3】 アニール温度を設定する際、 $3^{\circ}\text{C/min}\sim 1000^{\circ}\text{C/min}$ の設定昇温速度でウエハを加熱することを特徴とする請求項1または請求項2に記載のシリコンウエハの製造方法。

【請求項4】 前記単結晶インゴットを作製する工程が、引き上げ法を用いて作製する工程であることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載のシリコンウエハの製造方法。

【請求項5】 前記雰囲気ガスが、アンモニアガスもしくは窒素ガスであることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれかに記載のシリコンウエハの製造方法。

【請求項6】 請求項1から請求項4のいずれかの製造方法により作製されたシリコンウエハであって、前記シリコンウエハの表面から約 $2\mu\text{m}$ の深さにおける酸素濃度が $10^{17}\text{ atoms/cm}^3$ 以下であることを特徴とするシリコンウエハ。

【請求項7】 前記シリコンウエハ中の酸素の微小析出欠陥密度が $10^7\sim 10^{10}\text{ 個/cm}^3$ 、若しくは酸素析出物の酸素濃度が $1\times 10^{14}\sim 1\times 10^{18}\text{ atoms/cm}^3$ であることを特徴とする請求項6に記載のシリコンウエハ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体基板とその製造方法に関し、特に各種ICまたはLSI等の基板として用いられるシリコンウエハとその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 現在、LSI等の半導体装置用基板には、引き上げ(CZ: Czochralski)法により製造した単結晶インゴットから切り出したシリコン(Si)ウエハが主に用いられている。CZ法は、るつばに多結晶Siを溶融し、これに種結晶を浸し、種結晶をゆっくり回転しながら徐々に引き上げて結晶成長させる方法である。

【0003】 CZ法で作製された単結晶インゴットは、さらに、次のような工程を経てSiウエハに加工される。まず、単結晶インゴットは、全体をいくつかのブロックに切り分けられ、ブロックごとに所定の外径を得るための表面研削がなされる。次にブロックの状態です定の面にオリエンテーションフラット加工がなされる。その後、ブロックは円盤状のダイヤモンドカッターにより、ウエハ状に切断される。切断されたウエハは、両面をラッピングされ、エッジの角をとる加工がなされる。

【0004】 ラッピング加工では、ウエハ内に加工ひずみを生じ易いので、このひずみを完全に除去するため、数十 μm 程度ウエハ表面のエッチングがなされる。その後、ウエハ表面の平滑性を上げるため、研磨材を用い鏡面研磨され、最終洗浄が行われる。

【0005】 CZ法では、石英るつばが用いられるため、この石英るつばから溶融結晶中に酸素が溶解してしまう。よって、上述の方法で得られたSiウエハ中には、酸素が $5\times 10^{17}\sim 1.8\times 10^{18}\text{ atoms/cm}^3$ 程度混入することが避けられない。

【0006】 混入酸素の濃度は、 $1200^{\circ}\text{C}\sim 1300^{\circ}\text{C}$ における固溶限に相当するため、より低い温度では過飽和状態にあり、酸素の大部分は単結晶の格子間に存在している。これらの過飽和含有酸素は、LSI製造工程中、酸素析出物や転位等の微小欠陥を形成するとともに、さらに酸素誘起積層欠陥(OSF)によるパターン端での転位の発生原因ともなる。

【0007】 ウエハ表面から $2\mu\text{m}$ 程度の浅い層には、トランジスタやダイオード等の各種薄膜デバイスの動作が行われるいわゆる「活性領域」が形成されるが、過飽和酸素に起因する微小欠陥、OSFまたは転位等がこの活性領域に形成されると、接合リークの増大やメモリ保持時間不良等をもたらす、デバイスの歩留まりを下げてしまう。

【0008】 よって、デバイスの歩留まりを上げるには、少なくとも活性領域内の混入酸素濃度をできるだけ低減することが望まれる。

【0009】 CZ法で作製される単結晶インゴット中の酸素不純物濃度は、通常均一ではなく場所により異なる濃度分布を有するため、従来は、作製したインゴットの中から混入酸素濃度が低い部分を特に選択的に切り出して用いることも行われていた。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、CZ法で作製される単結晶インゴットには、混入酸素濃度が比較的薄い部分でも $10^{17}\text{ atoms/cm}^3$ 以上は含まれているため、選択的に切り出す方法では混入酸素の影響を十分排除することはできない。

【0011】 そこで、最近ではSiウエハを水素中で $1000^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 程度の温度でアニール処理を行う方法が検討されている。この高温水素アニール処理によ

れば、ウエハ表面の混入酸素濃度を大幅に減少させることができる。

【0012】一方、ウエハ表面の活性領域において問題となるのはウエハ自体の持つ混入酸素に起因するものばかりではない。ウエハ上にLSI等を製造する過程においても、各プロセスで、新たなウエハの汚染が起り、種々の不純物が活性領域に混入する可能性がある。

【0013】最近、この問題に対処するひとつの方法として、ウエハのゲッタリング技術が検討されている。ウエハのゲッタリング技術とは、結晶欠陥や加工ひずみをウエハの活性領域より深い領域に形成し、これらの結晶欠陥等を活性領域中に混入する不純物のゲッターとして用いる技術をいう。即ち、ウエハ自身に不純物のゲッタリング機能を備えさせる技術である。

【0014】ゲッタリング技術によれば、活性領域内の不純物を取り除き、素子の動作不良の原因となる活性領域中の種々の欠陥の発生を抑制することができる。なお、ゲッタリング技術のうち、結晶析出等による結晶欠陥をゲッターとするものを特にイントリンシックゲッタリング（IG: Intrinsic Gettering）と呼び、このよ

うな効果をIG効果と呼んでいる。

【0015】即ち、素子の活性領域となるウエハ表面層の不純物濃度が低く、活性領域より深い領域ではIG効果を有する結晶欠陥等を十分含むようなウエハが、LSI製造用半導体基板として望ましい。

【0016】先に述べたウエハの高温水素アニール処理は、基板表面層での酸素濃度を減らすことができるとともに、活性領域より深い領域にIG効果を有する酸素の微小酸素析出欠陥（BMD: Bulk Micro Defect）を形成できることが確認されている。

【0017】本発明の目的は、活性領域にあたる基板表面層での混入酸素濃度を減らすとともに、活性領域より深い領域にIG効果を有する酸素の微小酸素析出欠陥をより多く、しかも効率よく形成しうるシリコンウエハの製造方法とこの方法で作製されるより良質なシリコンウエハを提供することである。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明の第1のシリコンウエハの製造方法の特徴は、少なくとも単結晶インゴットを作製する工程と、前記単結晶インゴットよりウエハを切り出す工程と、前記ウエハを研削または研磨する工程と、前記ウエハをアニール処理する工程とを有するシリコンウエハ製造方法において、前記ウエハをアニール処理する工程が、アニール温度を800℃～1500℃とし、雰囲気ガスとして少なくとも水素より高い熱容量を有するガスを使用することである。

【0019】上記第1の特徴によれば、ウエハ表面の活性領域にあたる浅い層では、水素ガス雰囲気でのアニール処理の場合と同程度に酸素濃度を減少させることができるとともに、ウエハの活性領域より深い層には、IG

効果を発揮する微小酸素析出欠陥（BMD）をより多く形成することができる。同一の温度条件でアニールを行った場合でも、雰囲気ガスの熱容量が高いとウエハの実温度の温度上昇速度は遅くなり、BMDを発生する酸素析出物の成長が促進されるためと考えられる。

【0020】本発明の第2のシリコンウエハの製造方法の特徴は、上記第1の特徴を有するシリコンウエハの製造方法において、前記雰囲気ガスとして、少なくとも室温（298K）における熱容量値が29J/molK以上のガスを用いることである。

【0021】上記第2の特徴によれば、水素ガスの熱容量は室温において28.836J/molKであるため、熱容量が29J/molK以上のガスを用いることができれば、水素ガスより高い熱容量のガスを雰囲気ガスとして用いることとなり、ウエハ表面の活性領域にあたる浅い層では、水素ガス雰囲気でのアニール処理の場合と同程度に酸素濃度を減少させることができるとともに、ウエハの活性領域より深い領域では、IG効果を発揮するBMDを伴う酸素析出物をより多く生成することができる。

【0022】本発明の第3のシリコンウエハの製造方法の特徴は、上記第1または第2の特徴を有するシリコンウエハの製造方法において、アニール温度を設定する際、3℃/min～1000℃/minの設定昇温速度で加熱することである。

【0023】上記第3の特徴によれば、昇温速度を限定することにより、生産性を下げずに、第1または第2の特徴の効果を確実に確保することができる。

【0024】なお、上記第1から第3までの特徴を有するシリコンウエハの製造方法は、前記単結晶インゴットを作製する工程が、CZ法を用いて行われる場合に特に効果を有する。CZ法では石英のつぼを使用しており、結晶インゴット中にこのつぼから酸素が混入し易く、ウエハの混入酸素濃度が高く、酸素除去の要請が高いからである。

【0025】上記第1の特徴又は第2の特徴を充たす雰囲気ガスとして、アンモニアガスもしくは窒素ガスを用いてもよい。

【0026】本発明のシリコンウエハの特徴は、上記本発明の製造方法のいずれかにより製造されたウエハであって、該ウエハ表面から約2μmの深さの表面層における酸素濃度が 10^{17} atoms/cm³以下であることである。

【0027】酸素濃度を上記濃度範囲に押さえることができれば、酸素不純物に起因するデバイスの誤動作等の不良発生を抑制できる。

【0028】本発明のシリコンウエハの別の特徴は、上記第1のシリコンウエハの特徴とともに該ウエハ中のBMD密度が、 $10^7 \sim 10^{10}$ 個/cm³若しくは酸素析出物の酸素濃度が $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{18}$ atoms/cm³

m³であることである。

【0029】ウエハ表面の活性領域では、低い酸素濃度が担保されているので、酸素による酸素析出物およびこれに伴い形成されるBMDは、主に活性領域より深い層に形成されるものであり、活性層に混入する不純物のゲッターとして機能できる。

【0030】

【発明の実施の形態】まず本発明にあたり、従来より使用されている水素を含む3種類の雰囲気ガス中でそれぞれSiウエハのアニール処理を行い該アニール雰囲気ガスがSiウエハ中の酸素濃度に与える影響について分析検討を行った。以下、検討内容および検討結果を説明する。

【0031】（検討例1）まず、雰囲気ガスとして、従来より検討がなされている水素（H₂）を用い、Siウエハのアニール処理をおこなった。

【0032】使用したSiウエハは、CZ法により作製した単結晶インゴットを切り出し、従来の方法によって作製した面方位（100）のp型ウエハである。ウエハ直径は150mmφ、アニール処理前の基板中の平均酸素濃度は 7×10^{17} atoms/cm³であった。

【0033】水素ガスで置換した石英炉中に上記ウエハを入れ、温度調整プログラムが可能な外部ヒータを用い、一定速度で徐々に炉内を加温した。なお、炉内の水素雰囲気圧力は常圧とした。

【0034】図1は、使用したヒータの温度設定条件を示すグラフである。横軸に時間、縦軸に炉内温度をとった。同図に示すように、あらかじめ炉内の温度を600℃程度に上げ、図中Aに示すポイントで、ウエハを炉内に搬入した。次に、温度が600℃一定に達した時点（図中Bポイント）で、3℃/minの一定昇温速度で炉内温度を1000℃まで上昇せし、1000℃に達した時点（図中Cポイント）で1時間その温度を維持し、ウエハのアニールを行った。その後（図中Dポイント）で3℃/minの速度で炉内温度を800℃まで下降させた。炉内の温度が800℃一定となったところで（図中Fポイント）で、ウエハを炉から出した。

【0035】アニール処理後のSiウエハの酸素濃度を、二次イオン質量分析法（SIMS）を用いて測定した。SIMSは、フーリエ変換赤外分光法（FTIR）に比較して高感度であり、深さ方向の分析も可能である。

【0036】図2は、SIMSにより得られた、酸素濃度の深さ方向分布を示すグラフである。同図中横軸方向にウエハ表面からの深さをμm単位で、縦軸方向に基板中の酸素濃度を単位体積あたりの原子数（atoms/cm³）で示す。

【0037】同図に示すように、デバイスの活性領域が形成されるウエハの表面層では、表面に近いほど急激に酸素濃度が減少しており、アニール処理により、ウエハ

表面層の酸素除去が効果的に行われたことを示している。今回、本発明者等が行った精密なSIMS測定により、ウエハ最表面層での酸素濃度が 2×10^{16} atoms/cm³と極めて低い値に達していることが確認できた。

【0038】一方、深さ20μmから50μmの活性領域より深い層では、グラフ上にいくつかのスパイク状ピークが現れた。これらのピークは酸素析出物の存在を示すものである。SIMS測定より求められる酸素析出物濃度は、 $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{18}$ atoms/cm³であった。これらの酸素析出物は、微小酸素析出欠陥（BMD）の発生を伴うが、このBMD密度は赤外散乱トモグラフの測定により、 $1 \times 10^7 \sim 1 \times 10^{10}$ 個/cm³であることが確認された。

【0039】このように、水素中のアニール処理により、基板の活性領域より深い層に、IG効果を発揮するBMDを形成できることが確認された。なお、発明者等の経験によれば、酸素析出物は、炉内の昇温速度をあまり早く設定すると発生しにくくなることが知られている。

【0040】（検討例2）次に、雰囲気ガスとして、アルゴン（Ar）ガスを用い、Siウエハのアニールをおこなった。雰囲気ガス以外の条件は、上述した検討1に示す条件と同一の条件を用いた。即ち、使用したSiウエハは、CZ法により作製した単結晶インゴットより切り出されたものであり、面方位（100）のp型ウエハである。また、アニール処理前の基板中の平均酸素濃度は検討1で使用したものと同様であり、 7×10^{17} atoms/cm³であった。

【0041】Arガスで置換した石英炉中にウエハを入れ、外部ヒータを用い、一定速度で徐々に炉内を加温した。使用したヒータの温度調整シーケンスは、検討1の場合と同様に図1に示す条件を用いた。即ち、3℃/minの一定昇温速度で炉内温度を1000℃まで上昇せし、1時間その温度を維持した後、3℃/minの速度で炉内温度を800℃まで下降させた。

【0042】アニール処理後のSiウエハの酸素濃度を、SIMSを用いて測定した。図3にその測定結果を示す。グラフ中の単位は、図2と同じである。

【0043】同グラフに示すように、水素雰囲気アニール処理を行った場合と同様、デバイスの活性領域が形成されるウエハの表面層では、表面に近いほど急激に酸素濃度が減少している。ウエハ最表面層での酸素濃度は、 2×10^{16} atoms/cm³と同レベルであった。これより、雰囲気ガスとして不活性ガスであるArを用いた場合でも、アニール処理によりウエハ表面層の酸素を効果的に除去できることがわかった。

【0044】しかしながら、同グラフにおいて、深さ20μmから50μmの領域に、水素雰囲気中でのアニール処理の場合に現れたような酸素析出物に相当するピー

クは観察されなかった。

【0045】(検討例3)最後に、雰囲気ガスとしてアンモニア(NH_3)ガスを用い、Siウエハのアニールをおこなった。雰囲気ガス以外の条件は、上述した検討1、検討2に示す条件と同一の条件を用いた。即ち、使用したSiウエハは、CZ法により作製した単結晶インゴットより切り出されたものであり、面方位(100)のp型ウエハである。また、アニール処理前のウエハ中の平均酸素濃度は検討1で使用したものと同様に $7 \times 10^{17} \text{ atoms/cm}^3$ であった。

【0046】 NH_3 ガスで置換した石英炉中にウエハを入れ、 3°C/min の一定昇温速度で炉内温度を 1000°C まで上昇せし、1時間その温度を維持した後、 3°C/min の速度で炉内温度を 800°C まで下降させ、炉内温度が 800°C 一定となったところでウエハを炉から出した。

【0047】アニール処理後のSiウエハの酸素濃度を、SIMSを用いて測定した。図4にその測定結果を示す。グラフ中の単位は、図2、図3と同じである。

【0048】同グラフに示すように、水素雰囲気、Ar雰囲気、20 Ar雰囲気、20 Ar雰囲気で行った場合と同様、デバイスの活性領域が形成されるウエハの表面層では、表面に近いほど急激に酸素濃度が減少しており、ウエハ最表面層での酸素濃度も、 $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ と十分に低いレベルに達した。雰囲気ガスとして NH_3 を用いた場合も、アニール処理によりウエハ表面層の酸素を効果的に除去しうることがわかった。

【0049】また、ウエハ表面からの深さが $20 \mu\text{m}$ から $50 \mu\text{m}$ の、活性領域より深い層では、グラフ上に酸素析出物を示すスパイクピークが多数観察された。 NH_3 ガス雰囲気下でアニール処理されたウエハは、従来の水素雰囲気下でアニール処理された基板より、よりIG効果が高いことが確認された。

【0050】なお、ウエハ表面から深さ $100 \mu\text{m}$ までの窒素濃度を測定したところ、 $5 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^3$ と低い値を示した。

【0051】上記検討1から検討3の結果より、アニール処理時の雰囲気ガスの影響として次のようなことが推察される。まず、デバイスの活性領域が生成されるウエハ最表面の酸素除去効果については、熱処理時の雰囲気ガスの種類に対する依存性が小さいということである。雰囲気ガスが還元性の強いガスであるか不活性ガスであるか等の反応性にかかわりなく、ウエハ表面近傍の酸素濃度分布、いわゆる酸素の外方向拡散濃度分布は雰囲気ガスにほとんど依存しない。

【0052】これに対し、ウエハ表面から $20 \mu\text{m}$ を超える深い領域における酸素析出物の生成は、水素、アルゴン、アンモニア3種の雰囲気ガス間であきらかな差異が認められる。これらの雰囲気ガスを酸素析出物の生成しやすさの順に並べると、アンモニア>水素>アルゴン

の順となる。

【0053】本願発明者等は、この順番がこれらの雰囲気ガス熱容量の大きさに対応していることを見いだした。室温(298K)における各ガスの熱容量は、 NH_3 が 35.100 J/mol K 、 H_2 が 28.836 J/mol K 、Arが 20.786 J/mol K である。

【0054】酸素析出物と雰囲気ガスの熱容量との関係を以下のように考察する。

【0055】炉内でアニール処理されているSiウエハ10 の実際の温度(以下、実温度と呼ぶ)は、図1に示した温度条件とは一致しておらず、雰囲気ガスの熱容量による影響をうける。即ち、雰囲気ガスの熱容量が大きければ、Siウエハの周囲の境界層の実温度の昇温速度、および降温速度はより遅くなるため、結果的にSiウエハの実温度の昇温速度、降温速度は遅くなるはずである。

【0056】シリコンウエハ内部に存在する酸素の析出核が析出物として成長するか消滅するかは通常析出核の半径に依存する。析出核の半径がある臨界半径を越えると、析出原子が核に付着し、析出物として成長するが、析出核の半径が臨界半径に達しないと、析出核は消滅することが知られている。

【0057】この析出核は、昇温速度が遅い程大きく成長しやすい傾向があり、雰囲気ガスとしてより熱容量の大きいガスを用いれば、Siウエハの実温度の昇温速度がより遅くなり、臨界半径を越える析出核が生成されやすくなるものと考えられる。

【0058】なお、ウエハ表面層における酸素濃度は、アニール時の雰囲気ガス種にあまり依存しないことをすでに指摘したが、X線トポグラフ法を用いてウエハ表面層の欠陥密度の測定を行った結果では、アンモニア雰囲気中で熱処理した場合が最も欠陥密度が小さく、続いてAr、 H_2 の順に欠陥密度の数が多いことが確認された。この場合も熱容量が大きいガス雰囲気下でアニールする方が欠陥密度を減小させる効果が高く、好ましいといえる。

【0059】以下、上記検討結果を踏まえ、本願発明にかかるSiウエハの製造方法の実施例について説明する。

【0060】(実施の形態)まず、従来方法で鏡面研磨、最終洗浄を終えたSiウエハを準備する。使用するSiウエハは、そのもととなる単結晶インゴットがどの製造方法で作製されたかは特に限定されないが、混入酸素量が問題となるCZ法により作製した単結晶インゴットを切り出したウエハに特に有効である。

【0061】使用するアニール炉は、石英炉等の $800^\circ\text{C} \sim 1500^\circ\text{C}$ 程度の高温加熱が可能で、昇温速度や到達温度の温度制御ができるものを用いる。また、アニール炉内を所定ガスで置換できるようにガス排気手段、供給手段および密閉手段を備えたものを用いることが好ましい。

【0062】まず、アニール炉内にSiウエハを石英製のキャリヤ等に収納した状態で搬入する。

【0063】次に、アニール炉内を所定ガスで置換する。所定ガスとしては、例えば上述の検討3で使用した NH_3 を用いる。なお、 NH_3 以外にも室温(298K)における熱容量が29J/molK以上、即ち少なくとも H_2 ガスより大きい熱容量を有するガスを用いれば NH_3 と同様あるいはそれ以上の効果を得ることができる。例えば、室温における熱容量が29.124J/molKの窒素(N_2)、29.200J/molKのヨウ化水素(HI)、35.4J/molKのホルムアルデヒド(HCHO)、35.3J/molKのメタン(CH_4)、43.9J/molKのアセチレン(C_2H_2)等のガスを用いることができる。好ましくは、30J/molK以上、さらに望ましくは、40J/molK以上のガスを用いる。

【0064】なお、単一ガスのみではなく、混合ガスを用い雰囲気ガス全体の平均として高い熱容量を示すものであればよい。よって例えば H_2 に熱容量の高いガスを混合して雰囲気ガスとしてもよい。

【0065】この後、アニール炉内の加熱を開始する。なお、検討1から検討3で行ったように、予め600℃程度に炉内温度を維持し、昇温に要する時間を短縮してもよい。徐々に炉内温度をアニール温度まで上げる。この時のアニール温度は、800℃～1500℃の範囲、例えば1000℃とする。アニール温度が800℃を下まわると、ウエハ表面層の酸素除去作用が十分得られない。また、アニール温度が1500℃を越えると、装置にかかる熱負荷が大きく好ましくない。

【0066】また、昇温速度は生産性を上げる点からは、少なくとも3℃/min以上とすることが好ましい。しかし、昇温速度が早すぎると、ウエハの深い領域で酸素析出物が成長しにくくなり、ゲッターの生成が不十分となる可能性もあるため昇温速度は約3℃/min～1000℃/minとすることが好ましい。

【0067】アニール温度に達したら、その温度で一定時間維持する。アニール処理時間は、特に限定されず、アニール温度条件等を考慮し、数分～数時間の間で選択する。

【0068】アニール処理が終了したら、アニール炉内の温度を徐々に下げてゆく。降温速度は、例えば約3℃/min程度とする。

【0069】上述のアニール処理によれば、従来 H_2 雰囲気ガス中で行っていたアニール処理の場合と同様、トランジスタやダイオードが形成される基板表面から約2μm程度の活性領域では、酸素濃度を $5 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下に減少させることができる。

【0070】また、雰囲気ガスとして従来使用していた H_2 にかえ、熱容量の大きいガスを雰囲気ガスとして用いるため、Siウエハの実温度の昇温速度が抑制され、活性領域より深い領域に臨界半径を越える酸素析出核を成長させやすい環境を形成し、酸素析出物を成長させることができる。酸素析出物は、IG効果を発揮する微小酸素析出欠陥(BMD)の発生を伴い、 $1 \times 10^7 \sim 1 \times 10^{10} \text{ 個/cm}^3$ のBMDを形成することができる。

【0071】また、基板表面層の活性領域からこれを越える深い領域にわたり、酸素以外の不純物を含む欠陥密度を減少させることもできる。また、窒素濃度も、ウエハ表面から深さ100μmの範囲にわたり、 $1 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^3$ 以下にすることができる。

【0072】以上、実施例に沿って本発明を説明したが、本発明は、これらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0073】

【発明の効果】上述したように、本発明のシリコンウエハの製造方法は、単結晶インゴットより切り出したウエハをアニール処理する工程を有するシリコンウエハ製造方法において、上記アニール処理が、アニール温度を800℃～1500℃とし、雰囲気ガスとして少なくとも水素より高い熱容量を有するガスを使用することであり、ウエハ表面の活性領域にあたる浅い層では、水素ガス雰囲気でのアニール処理の場合と同程度に酸素濃度を減少させることができるとともに、ウエハの活性領域より深い領域では、酸素析出物をより多く形成し、IG効果を発揮するBMD密度を増加させることができる。

【0074】よって、各種デバイスの動作領域となるウエハの活性領域の酸素およびその他の不純物濃度を常に低濃度に維持できる良質なSiウエハを提供できる。

【0075】上記方法で作製されたSiウエハを用いることにより、半導体装置の歩留まりの向上を図ることが可能となる。

【0076】また、上述の本発明方法は、工程の負担が少なく簡易な工程で実施できるため、プロセスコストの負担が生じず、実用性が高い。

【図面の簡単な説明】

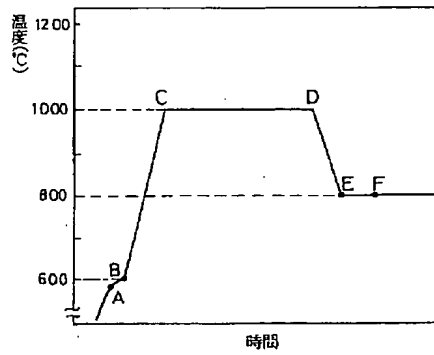
【図1】本発明の実施の形態に係る検討1から検討3において使用したアニール温度条件を示すグラフである。

【図2】 H_2 雰囲気中でアニール処理を行ったSiウエハ中の酸素濃度の深さ方向分布を示すグラフである。

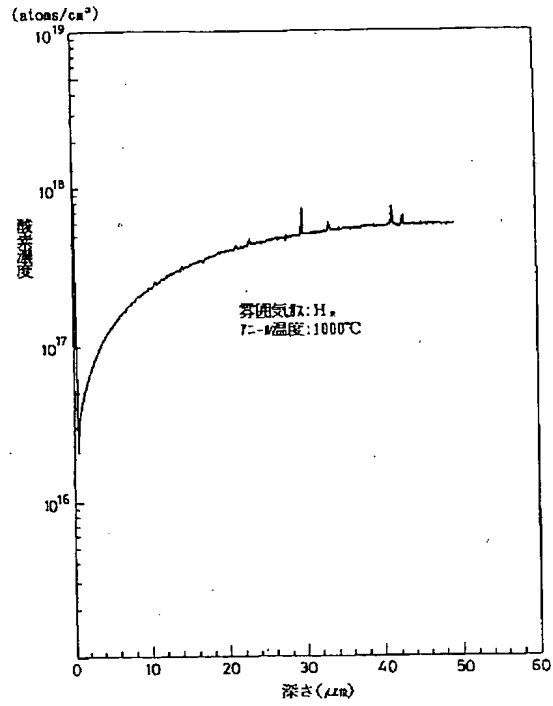
【図3】 Ar 雰囲気中でアニール処理を行ったSiウエハ中の酸素濃度の深さ方向分布を示すグラフである。

【図4】 NH_3 雰囲気中でアニール処理を行ったSiウエハ中の酸素濃度の深さ方向分布を示すグラフである。

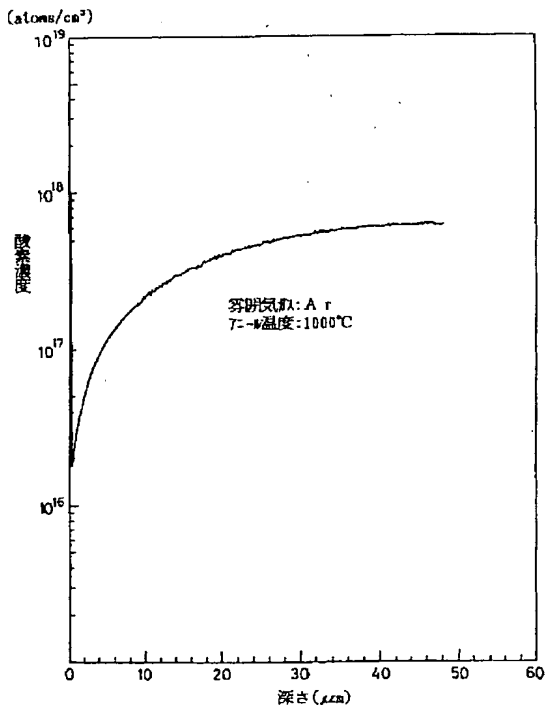
【図1】



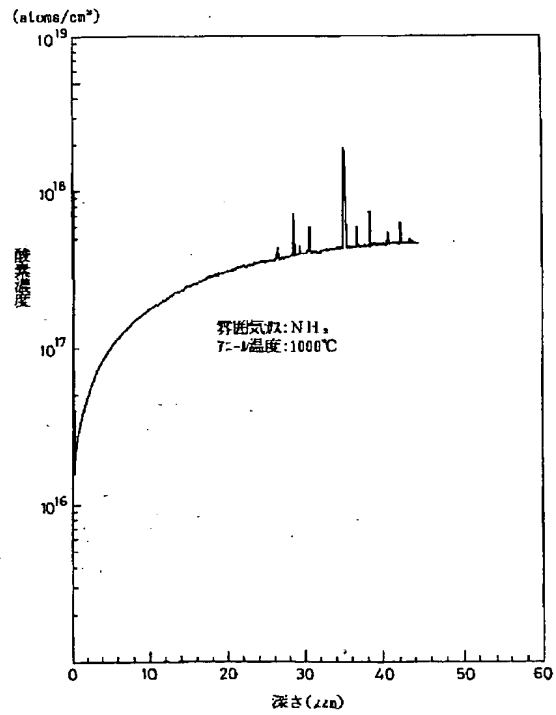
【図2】



【図3】



【図4】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第3部門第1区分
 【発行日】平成13年12月18日(2001.12.18)

【公開番号】特開平11-92283
 【公開日】平成11年4月6日(1999.4.6)
 【年通号数】公開特許公報11-923
 【出願番号】特願平9-253920
 【国際特許分類第7版】

C30B 29/06
 33/02
 H01L 21/304 321
 21/322

// H01L 21/02

【FI】

C30B 29/06 C
 33/02
 H01L 21/304 321 A
 21/322 Y
 21/02 B

【手続補正書】

【提出日】平成13年6月29日(2001.6.29)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも単結晶インゴットを作製する工程と、前記単結晶インゴットよりウエハを切り出す工程と、前記ウエハを研削または研磨する工程と、前記ウエハをアニール処理する工程とを有するシリコンウエハ製造方法において、

前記ウエハをアニール処理する工程が、アニール温度を800℃～1500℃とし、雰囲気ガスとして少なくとも水素より高い熱容量を有するアンモニア含有ガスを使用することを特徴とするシリコンウエハの製造方法。

【請求項2】 前記雰囲気ガスとして、少なくとも室温における熱容量が29J/molK以上のガスを用いることを特徴とする請求項1に記載のシリコンウエハの製造方法。

【請求項3】 アニール温度を設定する際、3℃/min～1000℃/minの設定昇温速度でウエハを加熱することを特徴とする請求項1または請求項2に記載のシリコンウエハの製造方法。

【請求項4】 前記単結晶インゴットを作製する工程が、

引き上げ法を用いて作製する工程であることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれかに記載のシリコンウエハの製造方法。

【請求項5】 請求項1から請求項4のいずれかの製造方法により作製されたシリコンウエハであって、前記シリコンウエハの表面から約2μmの深さにおける酸素濃度が 10^{17} atoms/cm³以下であることを特徴とするシリコンウエハ。

【請求項6】 前記シリコンウエハ中の酸素の微小析出欠陥密度が $10^7 \sim 10^{10}$ 個/cm³、若しくは酸素析出物の酸素濃度が $1 \times 10^{14} \sim 1 \times 10^{16}$ atoms/cm³であることを特徴とする請求項5に記載のシリコンウエハ。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明の第1のシリコンウエハの製造方法の特徴は、少なくとも単結晶インゴットを作製する工程と、前記単結晶インゴットよりウエハを切り出す工程と、前記ウエハを研削または研磨する工程と、前記ウエハをアニール処理する工程とを有するシリコンウエハ製造方法において、前記ウエハをアニール処理する工程が、アニール温度を800℃～1500℃とし、雰囲気ガスとして少なくとも水素より高い熱容量を有するアンモニア含有ガスを使用することである。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】削除

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0073

【補正方法】変更

【補正内容】

【0073】

【発明の効果】上述したように、本発明のシリコンウエハの製造方法は、単結晶インゴットより切り出したウエハをアニール処理する工程を有するシリコンウエハ製造方法において、上記アニール処理が、アニール温度を800℃～1500℃とし、雰囲気ガスとして少なくとも

水素より高い熱容量を有するアンモニア含有ガスを使用することであり、ウエハ表面の活性領域にあたる浅い層では、水素ガス雰囲気でのアニール処理の場合と同程度に酸素濃度を減少させることができるとともに、ウエハの活性領域より深い領域では、酸素析出物をより多く形成し、IG効果を発揮するBMD密度を増加させることができる。よって、各種デバイスの動作領域となるウエハの活性領域の酸素およびその他の不純物濃度を常に低濃度に維持できる良質なSiウエハを提供できる。上記方法で作製されたSiウエハを用いることにより、半導体装置の歩留まりの向上を図ることが可能となる。また、上述の本発明方法は、工程の負担が少なく簡易な工程で実施できるため、プロセスコストの負担が生じず、実用性が高い。